

Если говорить о линиях тока газовой фазы (рис. 2в и 3в), то в обоих газификаторах можно наблюдать резкое падение скорости от максимальных значений до умеренных величин.

Заключение. На основе сравнения расчетной гидродинамики данных установок можно выделить основные различия их в работе, которыми являются относительные длины областей обратных токов, а также характер возвратных течений в камерах охлаждения. Основные параметры работы совпадают, что говорит о возможности проведения сравнительного анализа экспериментальных данных по газификации углей в этих установках.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).

Список использованных источников

1. San Shwe Hla, Daniel G. Roberts, David J. Harris. A numerical model for understanding the behaviour of coals in an entrained-flow gasifier // Fuel Processing Technology. 2015. № 134. P. 424–440.

2. Абаимов Н. А., Шурчалин А. А., Шестаков Н. С., Осипов П. В., Рыжков А. Ф. Экспериментальное и численное исследование поточной газификации угля при повышенном давлении и различных составах дутья // Материалы IX Всероссийской конференции с международным участием Горение топлива: теория, эксперимент, приложения. Новосибирск : Институт теплофизики СО РАН, 2015. [Электронное издание].

УДК 621.412

ПРИМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСАХ

APPLICATION OF STIRLING ENGINES TO GENERATE ELECTRICITY IN THE SECONDARY THERMAL ENERGY

Распутин А. Л., Степанов О. А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, alekseyrasputin@mail.ru

Rasputin A. L., Stepanov O. A.

Tyumen Industrial University, Tyumen

Аннотация: В работе рассматривается актуальная проблема повышения эффективности энергетического оборудования с использованием вторичных

энергоресурсов. Предлагается использовать теплоту уходящих газов как топливо для двигателя Стирлинга. Рассчитана экономическая эффективность использования двигателя Стирлинга.

Abstract: This paper considers the actual problem of increasing the efficiency of energy equipment using waste energy. It is proposed to use the heat of the flue gas as a fuel for the Stirling engine. Economic efficiency of use of the Stirling engine calculated.

Ключевые слова: вторичные энергоресурсы; двигатель Стирлинга; топливо; выработка электроэнергии.

Key words: waste energy; Stirling engine; fuel; power generation.

Работа теплоэнергетических и теплогенерирующих установок связана с отводом в окружающую среду большого количества энергии в виде теплоты, имеющей высокую температуру относительно окружающей среды.

В современных газотурбинных установках, продукты сгорания на выходе после расширения имеют высокие температуры, поэтому использование части этой энергии, к примеру, для выработки электроэнергии представляет практический интерес. Использовать эту энергию можно при помощи теплоэнергетической установки на базе двигателя Стирлинга.

В данной работе представлены результаты расчета экономической эффективности использования двигателя Стирлинга совместно с газотурбинной установкой.

Из всех двигателей более близких к циклу Карно является двигатель Стирлинга. И, как показывает практика, двигатели внутреннего сгорания имеют относительно высокий коэффициент полезного действия [1]. В этом случае предлагается использовать вторичные энергоресурсы, удаляемые как продукты сгорания в окружающую среду, для подогрева рабочего тела двигателя Стирлинга. Основной задачей является повышение эффективности использования топлива.

Принцип двигателя Стирлинга основан на разности температур. Для его работы можно использовать любой источник тепла. В качестве горячего источника можно использовать вторичные энергоресурсы (продукты сгорания газотурбинной установки).

Главным достоинством двигателя Стирлинга является его экологичность. Кроме того, уровень шума в двигателе Стирлинга значительно ниже, чем в двигателях внутреннего сгорания, так как отсутствует взрывное сгорание топлива [2]. Существенным недостатком Стирлинга является необходимость передачи большого количества теплоты и как следствие развитые теплопередающие поверхности. Горячий теплообменник работает в очень напряженных условиях теплопередачи, и при очень высоких давлениях, что требует применения высококачественных и дорогих материалов. В работе рассматривается двигатель Стирлинга типа Альфа (рис. 1).

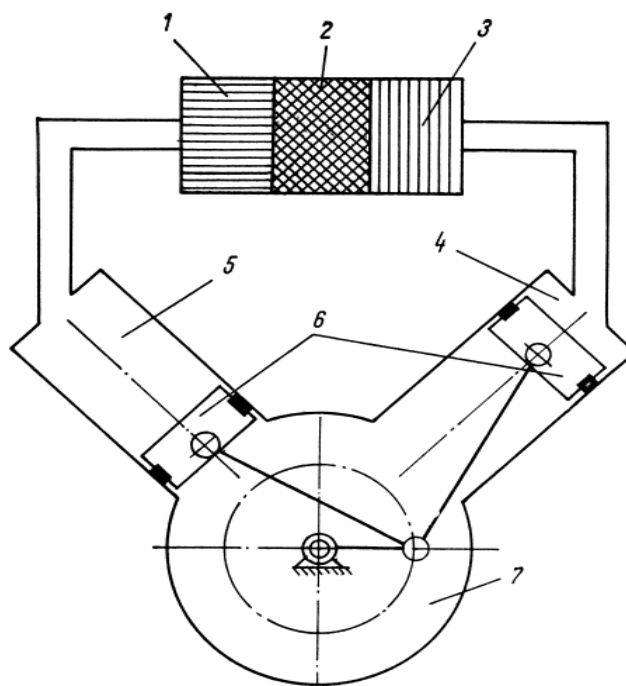


Рис. 1. Двигатель Стирлинга Альфа-типа

1 – нагреватель, 2 – регенератор, 3 – холодильник, 4 – холодная полость, 5 – горячая полость, 6 – поршни, 7 – картер с приводом

Альфа-тип представляет собой два цилиндра, соединенных между собой через нагреватель и холодильник. Рабочее тело попеременно перемещается из одного цилиндра в другой, при этом нагревается и охлаждается до температуры горячего и холодного источников соответственно. Между нагревателем и холодильником расположен регенератор для повышения КПД двигателя. Регенератор-это теплообменник из материала с пористой структурой. Он работает как временный аккумулятор, который поглощает теплоту, когда через него протекает горячий воздух, и отдает эту теплоту, когда через него протекает холодный воздух [3].

В современных газотурбинных установках температура уходящих газов составляет 500-600 °С. Эта теплота используется для подогрева рабочего тела двигателя Стирлинга, воздуха. Для расчета двигателя Стирлинга берутся следующие исходные данные: температура в нагревателе $T_H = 750$ К; температура в холодильнике $T_X = 293$ К; мощность двигателя $N = 100$ кВт (рис. 2).

В ходе расчета действительная мощность двигателя получилась $N_d = 80$ кВт с учетом потерь вследствие теплопроводности насадки регенератора, потерь на недорекуперацию и на гидравлическое сопротивление. Коэффициент полезного действия двигателя Стирлинга составил 0,35.

В двигателе Стирлинга теплота дымовых газов преобразуется в полезную механическую энергию, которая передается на электрогенератор, установленный на одном валу с двигателем Стирлинга для получения

электроэнергии. Так как электрический КПД генератора равен 0,98-0,99, то полезная выработанная электроэнергия будет составлять порядка 80 кВт.

Полученную электроэнергию можно использовать на компрессорных станциях магистральных газопроводов.

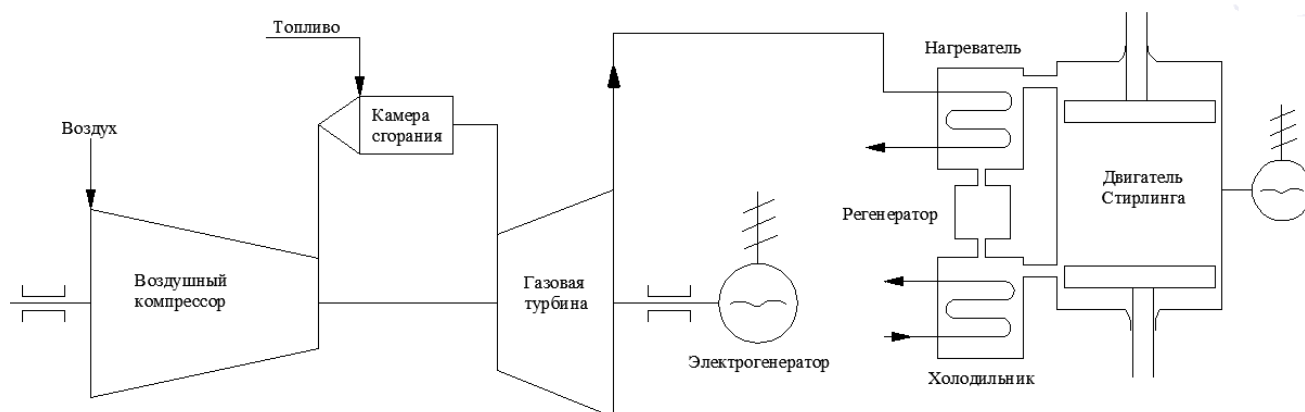


Рис. 2. Принципиальная схема совместного использования двигателя Стирлинга с газотурбинной установкой

Производится сравнение установки на компрессорную станцию двигателя Стирлинга и дизель – генератора одинаковой мощности – 80 кВт. Цена оборудования двигателя Стирлинга составляет 7 920 тыс. руб. Цена оборудования дизель – генератора 1 320 тыс. руб. Затраты на топливо для дизель-генератора в год 3 960 тыс. руб.

Расчет дисконтированного срока окупаемости позволяет сделать вывод о том, что доходы от проекта превысят финансовые затраты для его реализации через три с половиной года после вложения.

Двигатель Стирлинга работает на вторичных энергоресурсах и топливо не потребляет. Кроме того, по сравнению с дизель генератором он обладает меньшей шумностью работы без образования продуктов сгорания.

Таким образом, теоретически показана возможность получения дополнительной электроэнергии из теплоты продуктов сгорания, что приводит к повышению коэффициента полезного использования топлива.

Список использованных источников

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга Пер. с англ. М. : Машиностроение, 1985. 408 с.
2. Ридер Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга / Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 464 с.
3. Круглов М. Двигатели Стирлинга. М.: Машиностроение, 1977. 150 с.